

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS,  
VACUOMETROS Y MANOVACUOMETROS BAJO LA NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA NTC 2263:1987 Y LA GUÍA ALEMANA DE CALIBRACIÓN DE  
MEDIDORES DE PRESIÓN DKD-R 6-1:2003, EN LA EMPRESA METROLOGÍA  
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S

ELIANA CRISTINA MEJIA CASTILLO



UNIVERSIDAD  
DE LA COSTA  
1970

UNIVERSIDAD DE LA COSTA – C.U.C  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BARRANQUILLA  
2013

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS,  
VACUOMETROS Y MANOVACUOMETROS BAJO LA NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA NTC 2263:1987 Y LA GUÍA ALEMANA DE CALIBRACIÓN DE  
MEDIDORES DE PRESIÓN DKD-R 6-1:2003, EN LA EMPRESA METROLOGÍA  
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S

ELIANA CRISTINA MEJIA CASTILLO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniería  
Industrial

UNIVERSIDAD DE LA COSTA – C.U.C  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
BARRANQUILLA  
2013

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

Firma del Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

---

Firma del Jurado

**“*Todo lo puedo en Cristo que me fortalece*”**  
Filipenses 4:13

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Mis padres, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y por darme esta oportunidad, ya que sin ello nunca fuese estado aquí.

A mis amigos que me apoyaron y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: por cada momento e instante compartido, por estar en las buenas y en las malas, por permitirme entrar en sus vidas durante estos cinco años de convivir dentro y fuera del salón de clase.

Finalmente a mis profesores por su motivación para la culminación de este camino y por la elaboración de este trabajo de grado; gracias por el tiempo compartido, por impulsar el desarrollo de mi formación profesional y por la compañía en cada momento justo.

## **RESUMEN**

El trabajo realizado en la EMPRESA METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S, consistió en suplir una necesidad documental que poseían a causa de su ausencia.

Es por lo cual que el presente trabajo de tesis consistió en la documentación de uno de sus tantos procedimiento de calibración interno del área de laboratorio realizado bajo la norma técnica colombiana NTC 2263:1987 y la guía alemana de calibración de medidores de presión DKD-R 6-1:2003, lo cual es de viable para aplicar al proceso de acreditación bajo la norma NTC 17025 como futura proyección.

Loa anterior se realizó para solidificar la presentación del servicio, generar confiabilidad ante clientes; aumentar la calidad, la seguridad de los resultados, competitividad, claridad y definición de la ejecución del proceso por parte de los trabajadores hacia los clientes; logrando dar fin con los constantes errores que se presentaba en el desarrollo de las actividades donde se definían criterios erróneos o incompletos y el cliente era el afectado.

## **ABSTRACT**

Die Arbeit in der Firma Mess-und Regeltechnik MIC METROLOGY SAS getan, war es ein Bedürfnis, das dokumentarische wegen seiner Abwesenheit hatten erfüllen.

Es ist so, dass in der vorliegenden Arbeit beteiligt zu arbeiten Dokumentation einer seiner vielen internen Kalibrierung unter Laborbedingungen Bereich kolumbianischen technischen Standard NTC deutschen Führung 2263:1987 und Kalibrierung von Manometern DKD-R durchgeführt 6-1:2003, die möglich ist, die Akkreditierung unter dem NTC 17025 gelten als zukünftige Projektion ist.

Loa wurde getan, um die Darstellung des Service-Zuverlässigkeit für Kunden generieren, die Qualität zu erhöhen, Sicherheit Leistung, Wettbewerbsfähigkeit, Klarheit und Definition des Prozesses Ausführung durch Arbeitnehmern an Kunden, die Verwaltung mit Ende erstarren konstanten Fehler, die bei der Entwicklung von Aktivitäten, die nicht korrekt oder unvollständig definierte Kriterien sind und der Kunde betroffen war erschienen.

## TABLA DE CONTENIDO

Pág.

---

INTRODUCCION.....	10
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO .....	11
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
2. JUSTIFICACION.....	13
3. OBJETIVOS .....	14
3.1 Objetivo General .....	14
3.2 Objetivos Específicos .....	14
4. DELIMITACIONES .....	15
4.1. Delimitación espacial.....	15
5. MARCOS REFERENCIALES .....	16
5.1. MARCO TEORICO .....	16
5.1.1. METROLOGIA EN COLOMBIA.....	16
5.1.2. NORMALIZACION, ACREDITACION Y METROLOGIA EN COLOMBIA .....	17
5.1.3. LA INDUSTRIA DE CALIBRACION EN PRESION.....	20
5.1.4. METROLOGIA INDUSTRIAL.....	21
6. DISEÑO METODOLOGICO.....	23
6.1. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROCESO .....	23
6.2. VENTAJAS DE CONTAR CON PROCEDIMIENTOS DOCUMENTADOS .....	23
7. GENERALIDADES DE LA EMPRESA METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S .....	24
8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	25
9. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN.....	26
9.1. OBJETO.....	26
9.2. ALCANCE .....	26
9.3. DEFINICIONES: .....	26
9.4. CONDICIONES GENERALES .....	29



9.5. DESCRIPCIÓN .....	32
9.5.1.EQUIPOS Y MATERIALES.....	32
9.5.2.OPERACIONES PREVIAS .....	34
9.5.3.PROCESO DE CALIBRACION .....	37
9.5.3.1.LIMPIEZA .....	37
9.5.4POSIBLES SECUENCIAS .....	37
9.6. PASOS DE CALIBRACION .....	38
9.7. TOMA Y TRATAMIENTO DE DATOS.....	42
9.8. RESULTADOS.....	44
9.8.1.Cálculo de incertidumbres.....	44
9.9. OTRA OPCIÓN DE SELECCIÓN DEL PATRÓN .....	53
9.10.CLASE .....	54
9.11.CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO.....	55
9.12.PERIODO DE CALIBRACIÓN .....	55
9.13.RESPONSABILIDADES .....	55
CONCLUSIONES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

## INTRODUCCION

Hoy día los laboratorios de calibración se han convertido en una herramienta fundamental para las empresas, ya que prestan un servicio que les ayuda a garantizar la seguridad y el buen estado de los instrumentos y equipos, como por ejemplos los manómetros, vacuómetros y manovacuumetros que son los de mayor auge a nivel industrial y de servicio.

La calidad es uno de los requisitos indispensables para sobrevivir en este medio, ya que se ha convertido en una exigencia, y requiere de una alta atención para prever problemas que vulneren la imagen de la empresa ( a futuro la empresa estará bajo la NTC 17025).

Por lo anterior se hace necesario la documentación en el laboratorio del paso a paso de la ejecución de calibración de la magnitud de presión, lo cual busca obtener grandes beneficios, como la optimización de recursos, el mejoramiento de los servicios ofrecidos, la satisfacción permanente de los clientes internos y externos, dar evidencia de calidad y mejoramiento continuo en los servicios ofrecidos al igual que obtener la acreditación a futuro de sus servicios, ya que de esta forma puede dar garantía de que los procesos efectuados en él son bajo estrictos controles y con la confiabilidad del caso, demostrar que cuenta con el personal idóneo y capacitado para ejercer la funciones requeridas y estar en la lucha del medio.

## **1. GENERALIDADES DEL PROYECTO**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Todas las empresas e industrias en sus diferentes procesos necesitan controlar sus valores, por lo que necesitan medición y es aquí donde entra la metrología, la cual se encarga de velar por el estado y el cumplimiento de los diferentes instrumentos y equipos de medición a través de la calibración.

Una de las normas que se encarga de velar y hacer cumplir lo anterior es la norma ISO 9001, que reglamenta en uno de sus numerales 7,6 el control de equipos de monitoreo y medición, lo que se ejecuta por medio de empresas de servicio acreditadas en calibración.

Metrología Instrumentación y Control S.A.S es una de las empresa que realiza servicios de calibración de diferentes magnitudes como: voltaje, resistencia, amperios, masa, longitud, temperatura, humedad, y presión; está constituida hace 10 años, certificada bajo la norma ISO 9001:2008, con alcance de suministro de equipos y prestación de servicio de calibración; en busca siempre del mejoramiento continuo por lo que se encuentra en proceso de acreditación a mediano plazo bajo la norma ISO 17025.

A M.I.C S.A.S le preocupa el nuevo mercado, por lo que quiere seguir mejorando en el rendimiento de las calibraciones realizadas por el personal, por lo que requiere un procedimiento de calibración que mejore su proceso y equilibrar la conceptualización del personal.

la parte gerencial de la empresa desea crear su procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros, manovacuumetros, y así contar con un respaldo en el cómo se ha de realizar dichos proceso.

Siendo el servicio de calibración de presión la más abundante y de mayor criticidad la gerencia desea ¿Establecer los o el método en el servicio de calibración de manómetros de caratula que conlleve a disminuir problemas por parte del personal e insatisfacción del cliente?; ya que no existe estandarización en la ejecución de dicha actividad, lo que conlleva a discrepancia de criterios, resultados y clientes no conformes.

## **2. JUSTIFICACION**

El mercado es cada día más competitivo, por lo que los clientes buscan confianza, organización, y gestión eficaz de su proveedor.

Con la elaboración y documentación del procedimiento en la magnitud de presión según la norma técnica Colombiana NTC 2263:1987 y la guía alemana de calibración de medidores de presión DKD-R 6-1:2003, se lograría solidificar la presentación del servicio, confiabilidad de clientes, calidad, seguridad de los resultados, competitividad, claridad y definición de la ejecución del proceso por parte de los trabajadores hacia los clientes.

Además dicho procedimiento aplicaría para el proceso de acreditación bajo la norma NTC 17025.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Elaborar procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros, manovacuumetros en la empresa METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S. basándose en normas guía: la NTC 2263 y la DKD-R 6-1 calibración de medidores de presión en base a los equipos y herramientas que se poseen.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Estandarizar los pasos de calibración de la magnitud de presión en el personal ejecutor.
- Permanecer en el medio aplicando mejoramiento continuo de los servicios.
- Crear organización dentro del departamento de calibración.
- Obtener grandes beneficios, como la optimización de recursos.
- Referenciar el procedimiento en normas guía: la NTC 2263 y la DKD-R 6-1 Calibración medidores de presión.
- Uniformar y controlar el cumplimiento de las rutinas de trabajo y evitar alteraciones negativas.

#### **4. DELIMITACIONES**

El alcance de este proyecto está definido solo a la variable de presión, que lo comprende los manómetros, vacuómetros y manovacuumetros dentro de un rango de trabajo desde -30 InHg. hasta 10 000 PSI.

Se diseñó solo teniendo en cuenta las pertenencias de la empresa como su necesidad y alcance, en caso de que se quiera tomar por otro ente, será necesario a condicionarlo según lo que posea en cuanto a equipos y especificaciones de los mismos.

##### **4.1. Delimitación espacial**

El siguiente trabajo está diseñado solo para la realización de trabajos de la empresa METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S bajo las condiciones que esta brinda como son: sus instrumentos, equipos, herramientas, entorno y personal.

Los trabajos pueden ser desarrollados tanto en las instalaciones de la empresa como en las instalaciones del cliente (en campo), ya que se poseen equipos e instrumentos portables, lo que facilita el traslado de los mismos, esto siempre y cuando el lugar de calibración que ofrece el cliente cumpla los requerimientos mínimos necesarios.

## **5. MARCOS REFERENCIALES**

### **5.1. MARCO TEORICO**

#### **5.1.1. METROLOGIA EN COLOMBIA**

Con la expedición del Decreto 4175 de 2011, expedido por el Gobierno en el marco de las facultades extraordinarias, se creó el Instituto Nacional de Metrología (INM), que está adscrito al ministerio de comercio, industria y turismo. Aportando al desarrollo de la economía, de la tecnología del país, permitiendo avanzar en la competitividad.

Permitiendo que los empresarios puedan contar con la infraestructura de laboratorios requerida para impulsar sus exportaciones.

Lo anterior se convierte en un avance de la agenda interna para la aplicación del TLC con Estados Unidos y otros tratados comerciales, en la medida en que será el órgano que se encargará de la custodia de los patrones de medición y de asegurar que midan lo mismo los patrones internacionales.

El organismo identifica algunos beneficios de contar con este Instituto, entre ellos, que asegura una base sólida para las "locomotoras" del crecimiento económico señalando que casi todos los sectores reconocidos por el Gobierno como de alto impacto exportador, requieren de buenos servicios de calibración y de elaboración de material de referencia, como es el caso de los cosméticos, las grasas y los biocombustibles, el sector automotriz, el sector eléctrico, los textiles, el turismo de salud y las confecciones, entre otros.



### **5.1.2. NORMALIZACION, ACREDITACION Y METROLOGIA EN COLOMBIA**

La actual estructura del comercio mundial ha planteado la necesidad de que nuestro país elabore estrategias que le permitan el surgimiento de ventajas competitivas estables y que fomenten un ambiente que propicie la innovación y el mejoramiento continuo de todos los sectores económicos y sociales del país.

El Gobierno Nacional, consciente de que la creación de ventajas competitivas duraderas, no son el resultado automático de una política de liberación de mercados, sino que requiere de acciones orientadas a facilitar a los diferentes sectores su integración al nuevo modelo de desarrollo, le ha dado especial interés a la Política de Modernización y Reconversión Industrial.

Como instrumento fundamental para el apoyo tecnológico a la productividad, se trabaja en la creación de una nueva cultura empresarial que haga de la Calidad una filosofía de las organizaciones y una herramienta para competir en los mercados nacionales e internacionales.

Para alcanzar esta meta, el estado se ha convertido en un agente promotor del mejoramiento de los estándares de calidad, promocionando un esquema de responsabilidad compartida con el sector privado.

En este ámbito, las Medidas de Normalización, juegan un doble papel, primero facilitan el desempeño del sector productivo por ser referenciales de estándares internacionales de calidad y segundo, se constituyen en instrumentos mediante los cuales el Estado puede hacer control sobre los niveles de protección en asuntos que tengan que ver con la defensa de la seguridad, la salud, el medio ambiente y el consumidor.

Por lo tanto el Gobierno Nacional se ha empeñado en fortalecer el Sistema Nacional de Normalización, Acreditación, Certificación y Metrología, instrumento de política que permite dar un apoyo efectivo al sector productivo colombiano impulsando el mejoramiento de la calidad de sus procesos productivos y la competitividad de los bienes y servicios y fortaleciendo el desarrollo de la infraestructura necesaria.

- Normalización. Para lograr la calidad y competitividad se hace necesario contar con normas técnicas, las cuales suministran reglas y características para los productos, servicios y procesos.

La normalización en Colombia tiene como ente superior al Consejo Nacional de Normas y Calidades y su desarrollo técnico ha venido siendo ejecutado por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. Esta labor del ICONTEC ha sido reconocida por el Gobierno Nacional quien le ha dado el estatus de Organismo Nacional de Normalización.

El ICONTEC continúa desarrollando Normas Técnicas Colombianas y las Unidades elaboran Normas Técnicas Sectoriales, las cuales se pueden convertir en Normas Técnicas Colombianas cuando se someten a consideración dentro del Organismo Nacional de Normalización.

Acreditación. Las actuales exigencias de comercialización a nivel internacional han hecho que los países desarrollen infraestructuras que presten servicios ágiles y oportunos en el campo de la certificación de conformidad y de realización de ensayos.

El Gobierno Nacional mediante el Decreto 2269/93 definió la estructura que a nivel nacional se debe crear para garantizar la verificación de la calidad de los bienes comercializados tanto internamente como para exportación.

El organismo de acreditación es la Superintendencia de Industria y Comercio, entidad a la cual se le asignó esta función mediante el Decreto 2153 de 1992 y se ratificó en el Decreto 2269 de 1993. Actualmente, esta función la cumple la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación).

La acreditación es el reconocimiento formal de que un organismo de certificación, de inspección, un laboratorio de ensayo o de metrología tiene la competencia técnica y la idoneidad requeridas para ejecutar sus funciones.

En ejercicio de esta función la Superintendencia acredita a los diferentes organismos que soliciten hacer parte del Sistema Nacional. La filosofía contenida en el Decreto 2269 garantiza que se utilice y se integre en el Sistema toda la infraestructura nacional ya existente en el campo de la certificación de calidad, de ensayos y metrología. Así mismo que se desarrolle la infraestructura necesaria en los campos donde no exista.

Para el desarrollo de su función de acreditación la Superintendencia se apoya en el Consejo Técnico Asesor para la Acreditación, el cual está conformado por representantes del gobierno, del sector privado y de los organismos y laboratorios acreditados. El objetivo del Consejo es asesorar a la Superintendencia en todo lo relativo a la aplicación de los requisitos de acreditación y garantizar el consenso y participación de todos los que intervengan en este proceso.

Metrología. Una de las características más importantes del Sistema Nacional de Normalización, Certificación y Metrología es la importancia que se le asigna la metrología en la legislación colombiana. Es así como además de la creación de la red de laboratorios de metrología para apoyar actividades de metrología industrial y en alguna medida labores de calificación de instrumentos de medición para coadyuvar labores de metrología legal, el Sistema plantea una serie de medidas

relacionadas con la metrología legal para garantizar adecuada protección del consumidor.

### **5.1.3. LA INDUSTRIA DE CALIBRACION EN PRESION**

Se ha estimado que la medición y las operaciones relacionadas con la medición suponen entre el 3% y el 6% del PIB de los países industrializados.

El éxito económico de la mayoría de las industrias de fabricación depende estrechamente de lo bien que se elaboren los productos, y la medición desempeña un papel clave en esto. Con la depresión financiera de los mercados mundiales y la recesión económica actual, muchas empresas se han visto presionadas para hallar la forma de reducir costes con el fin de poder sobrevivir.

La calibración es una de las partidas de costes, pero aun así todo instrumento de medición empleado para un fin significativo tiene que ser calibrado con una frecuencia regular para confirmar que está funcionando dentro de los límites especificados. En casi todos los casos, los riesgos y costes de mediciones erróneas son muy superiores al coste de la calibración.

Aparte de eso, muchos sectores industriales están muy reglamentados, y ahí la calibración aún es más crucial.

Las plantas de procesos suelen poseer una gran variedad de instrumentos necesarios para sus procesos de fabricación. Entre ellos se cuentan transmisores de presión, sensores de temperatura, RTD (detectores de temperatura resistivos), básculas, contadores de frecuencia y caudalímetros. Es necesario calibrar estos instrumentos regularmente para garantizar que funcionan dentro de los límites especificados. Además, los sectores industriales tales como el nuclear, el de alimentación o el farmacéutico se rigen por reglamentos muy estrictos, por lo que

la calibración cobra todavía más importancia en cuanto a cumplir las certificaciones de calidad y trazabilidad del producto.

#### **5.1.4. METROLOGIA INDUSTRIAL**

Esta disciplina se centra en las medidas aplicadas a la producción y el control de la calidad. Materias típicas son los procedimientos e intervalos de calibración, el control de los procesos de medición y la gestión de los equipos de medida.

El término se utiliza frecuentemente para describir las actividades metrológicas que se llevan a cabo en materia industrial, podríamos decir que es la parte de ayuda a la industria.

En la Metrología industrial la personas tiene la alternativa de poder mandar su instrumento y equipo a verificarlo bien sea, en el país o en el exterior. Tiene posibilidades de controlar más este sector, la metrología industrial ayuda a la industria en su producción, aquí se distribuye el costo, la ganancia. La metrología industrial interviene en los procesos industriales, cobrando en ellos un importante papel en cualquier sistema de calidad aplicado a fabricación, por lo que conceptos tales como trazabilidad, incertidumbre, calibración y organización metrológica son de suma importancia.

Por otra parte la globalización de los mercados y el desarrollo tanto social como tecnológico hace que los fabricantes se interesen por la mejora y la actualización de sus sistemas de calidad, especialmente en nuestro país con la adhesión al mercado europeo. Cualquier empresa que se dedique a la fabricación de componentes, conjuntos o sistemas, precisa de una metrología organizada, que permita conocer las incertidumbres de medida de los instrumentos y equipos de medida que intervienen en los procesos de control.

Además la componente metrológica debe cuidarse de una forma muy especial ya que las mediciones constituyen la base de decisiones a adoptar en los planes de calidad. En tal sentido se puede observar una confluencia de criterios y planteamientos en diversos cuerpos normativos como en las normas ISO 9000 (66900 en UNE), y otras como la AQAP de la OTAN y las normas europeas EN de la serie 29000 y 45000.

La metrología geométrica a menudo confunde con la metrología dimensional, que es solo una parte de esta y que posee una magnitud característica que es la longitud de la cual se derivan otras como la superficie y el volumen. Pero la metrología geométrica abarca muchos más aspectos, estudia las formas, orientaciones, situación y oscilación de las piezas y las características superficiales.

Ejemplos:

- Las dimensiones de una pieza que deberá ser ensamblada en otra
- La potencia eléctrica de una estufa de cuarzo
- El contenido de principio activo en un medicamento
- La resistencia de una bobina

## **6. DISEÑO METODOLOGICO**

### **6.1. PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE PROCESO**

Es una secuencia de las operaciones a desarrollar para realizar un determinado trabajo, con inclusión de los medios materiales (de trabajo o de protección) y humanos (cualificación o formación de personal) necesarios para llevarlo a cabo. Los procedimientos deben ser redactados por las personas implicadas en el desarrollo de los procesos, pues serán quienes mejores conozcan las tareas que día a día se llevan a cabo para el cumplimiento de los objetivos.

Para documentar los procedimientos es necesario cumplir con los aspectos Siguietes:

- a. Que se justifiquen;
- b. Que se describa
- c. Que tengan alcances y límites precisos;
- d. Que contribuyan al desarrollo de un proceso;
- e. Que existan responsables de su ejecución; y
- f. Que identifiquen registros para obtener evidencias de su cumplimiento.

### **6.2. VENTAJAS DE CONTAR CON PROCEDIMIENTOS DOCUMENTADOS**

Los procedimientos documentados y agrupados en el manual permiten:

- a) Disminuir la improvisación y los errores;
- b) Contribuir a precisar las funciones y responsabilidades de los miembros de la organización;
- c) Dar una visión global y sistemática del trabajo administrativo de los servicios públicos;
- d) Ser documentos de consulta;

- e) Vincular la realidad con los procesos documentos; y
- f) Empezar acciones de mejora.

## **7. GENERALIDADES DE LA EMPRESA METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S**

La compañía inició actividades en febrero de 1997 como una empresa independiente, con un pequeño capital, tomó arriendo en una casa en el barrio Abajo de la ciudad de Barranquilla, en ese entonces con unas cuantas herramientas, y tres personas que ganaban por lo que realizaran y con muchas ganas de sacar adelante este proyecto; nace METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C registrado en la cámara de comercio.

Luego de años de haber iniciado en este sitio y con muchos logros alcanzados y con un buen respaldo por parte de clientes, proveedores y colaboradores y por una necesidad de capacidad y espacio, y dando cumplimiento a una de sus primeras metas, en abril del año 2002 la empresa se trasladó a la que hoy es su sede propia, ubicada en la carrera 51 # 46-03 en el barrio Abajo de la Ciudad de Barranquilla.

Con mucho esfuerzo y sacrificio la gerencia ha logrado sacar adelante este proyecto. Hoy con una compañía legalmente constituida como empresa sociedad por acciones simplificada (S.A.S), METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C, registrada en cámara de Comercio y con NIT- 802 014 850 – 4 ante la DIAN, con buena infraestructura y con un número de 20 personas laborando y con una muy buena maquinaria, equipos, instrumentos y herramientas, ofrece al mercado productos de excelente calidad a nuestros clientes, especializándose en servicios de suministro de instrumentos de medición



a nivel industrial y médico, mantenimiento y calibración, siendo reconocida a nivel costa por calibración; hoy día es representante a nivel costa de una marca muy prestigiosa a nivel mundial de neumática ASCO NUMATICS.

## **8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El fin de este proyecto es elaborar un procedimiento de calibración de la magnitud de presión, definiendo el paso a paso de las actividades para mejorar las condiciones laborales de los empleados junto con la calidad del servicio prestado creando una metodología de trabajo para estandarizar los pasos de desarrollo.

### **5.1.5. Objetivo del proyecto**

Elaboración de procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuómetros bajo la norma técnica colombiana NTC 2263:1987 y la guía alemana de calibración de medidores de presión DKD-R 6-1:2003, en la empresa Metrología Instrumentación y Control M.I.C S.A.S

### **5.1.6. Equipo de Trabajo**

El equipo de trabajo está conformado de la siguiente manera:

<b>FUNCIÓN</b>	<b>AFILIACIÓN</b>	<b>NOMBRE</b>
Asesor	Guía	Harold Pérez Olivera
Miembro del equipo	Estudiante de apoyo	Eliana Mejia

## **9. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

### **9.1. OBJETO**

Este procedimiento tiene por objeto establecer el método de calibración, de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros de lectura directa de presiones relativas con relación a la presión atmosférica.

Lo anterior es relevante debido a que se requiere de la calibración de dichos instrumentos de presión que se encuentra trabajando en casi todos los sistemas, y para seguridad y cumplimiento del sistema de gestión, es necesario plasmarlo para evitar inconvenientes y dar a conocer a todo el personal de metrología instrumentación y control el paso a paso de su ejecución y estandarización dentro de la empresa para la ejecución efectiva de este proceso.

### **9.2. ALCANCE**

Este procedimiento aplica para la calibración de manómetros, vacuómetros y anovacúómetros, de funcionamiento en medio líquido o en medio gas, mediante el método de comparación directa conectada a una misma fuente de presión donde se garantice la hermeticidad de las conexiones.

El rango o capacidad de aplicación de la calibración de instrumentos es de -30 InHg, hasta 10 000 PSI; para todas las clases de exactitudes.

### **9.3. DEFINICIONES:**

- RANGO: Modulo de la diferencia entre los límites de un intervalo nominal.

- INDICACIÓN: Valor de una magnitud proporcionada por un instrumento de medida.
- PROCEDIMIENTO DE MEDIDA: Conjunto de operaciones, descritas de forma específica utilizadas en la ejecución de mediciones particulares según un método dado.
- CALIBRACION: Conjunto de operaciones que establecen la relación entre valores indicados por un instrumento patrón y un instrumento de prueba.
- ERROR: Diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero.
- EXACTITUD: Concordancia entre el resultado de una medición y el valor convencionalmente verdadero.
- AJUSTE: Operación destinada a llevar un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización.
- CORRECCIÓN: Valor sumado algebraicamente a un resultado de medición para compensar un error sistemático.
- ESTABILIDAD: Capacidad de un instrumento para mantener constante sus características metrológicas.
- REPRODUCIBILIDAD: Grado de concordancia con los resultados de las, mediciones efectuadas bajo diferentes condiciones.
- REPETIBILIDAD: Grado de concordancia de sucesivas mediciones de la misma cantidad, mediciones efectuadas en las condiciones de medida.

- PRESIÓN MANOMÉTRICA: presión mayor que la presión ambiente, siendo esta última el punto de referencia.

- PRESIÓN VACUOMÉTRICA: presión menor que la presión ambiente, siendo esta última el punto de referencia (vacío).

- PRESIÓN AMBIENTAL: presión del ambiente en el lugar donde y en el tiempo cuando se realizan las mediciones con el instrumento.

La presión ambiental puede ser igual a la presión atmosférica, o puede tener un valor cercano al de la presión atmosférica, cuando las mediciones se realizan en un espacio cerrado.

- PRESIÓN ESTACIONARIA: presión que no varía, o que varía de manera continua, a velocidades que no exceden:

- 1 % del límite superior del rango 1 % de la suma de los límites superiores de los rangos de medición por segundo, para instrumentos con escala bilateral.

La variación de presión máxima en un minuto no debe exceder el 5 % de los valores arriba mencionados.

- PRESIÓN VARIABLE: presión que varía de acuerdo con alguna ley, periódica o no, a una velocidad entre:

- 1 % y 10 % del límite superior del rango de medición por segundo, para

instrumentos con escalas unilaterales, o entre - 1 % y 10 % de la suma de los límites superiores del rango de medición por segundo para instrumentos con escalas bilaterales.

- LÍMITES NORMALES DEL RANGO DE MEDICIÓN: los límites de la parte del rango de medición aceptables para la operación del instrumento en servicio.

- CLASE DE PRESICION: Clase de un manómetro que satisface a ciertas exigencias metrológicas destinadas a conservar los errores dentro de los límites especificados.

- TRAZABILIDAD: Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas.

#### **9.4. CONDICIONES GENERALES**

Los manómetros, vacuómetros o manovacúómetros constan por lo general de un elemento sensible a la presión, un dispositivo de transmisión de la indicación y un indicador del valor de la presión (escala o caratula), es un instrumento que sirve para medir la presión o vacío de sistemas contenidos en recipientes cerrados.

De los instrumentos de medida de presión por esfuerzo de un medio elástico el más utilizado es el tipo bourdon. El manómetro de Bourdon inventado por el francés Eugène Bourdon (1808-1804) en 1849. Es el elemento más utilizado en la industria por su simplicidad de uso, pequeño mantenimiento, gran rango de aplicación y bajo costo.

Consiste básicamente en un tubo de sección elíptica, curvada en forma de arco y tapado por un extremo, el otro extremo es fijo y por él se aplica la presión a medir. Al aplicar la presión al tubo éste tiende a enderezarse ligeramente, y el movimiento resultante del extremo cerrado del tubo se transmite a una aguja indicadora mediante un sistema mecánico compuesto por un sector dentado y un piñón. La aguja indicadora se mueve sobre una escala graduada en unidades de presión.

Existen otro tipo de elementos sensibles a la presión: mecánicos como la membrana y la cápsula o de tipo electrónico como piezoeléctrico, capacitivo, resistivo, etc.

Este instrumento de medición es muy versátil ya que se puede utilizar con algunos líquidos, aceites o gases, según sea su campo de aplicación. Su costo de adquisición y mantenimiento es bajo, existen rellenos con glicerina para evitar vibraciones en la aguja y así lograr una indicación confiable, se pueden tener de patrones secundarios, de trabajo o como simples indicadores en un proceso donde solo se requiere una indicación de referencia en el proceso, son fácil de instalar, se caracterizan por tener baja rigidez y baja frecuencia natural, pero gran sensibilidad de desplazamiento en su propio diseño, su intervalo de trabajo (medición) característico es de 35 kPa. a 100 MPa.

Estos manómetros se utilizan en general en cadenas de medida, también como patrones secundarios o patrones de trabajo dada su robustez y manejabilidad; en algunos laboratorios, a nivel industrial, son utilizados como Patrones de Referencia.

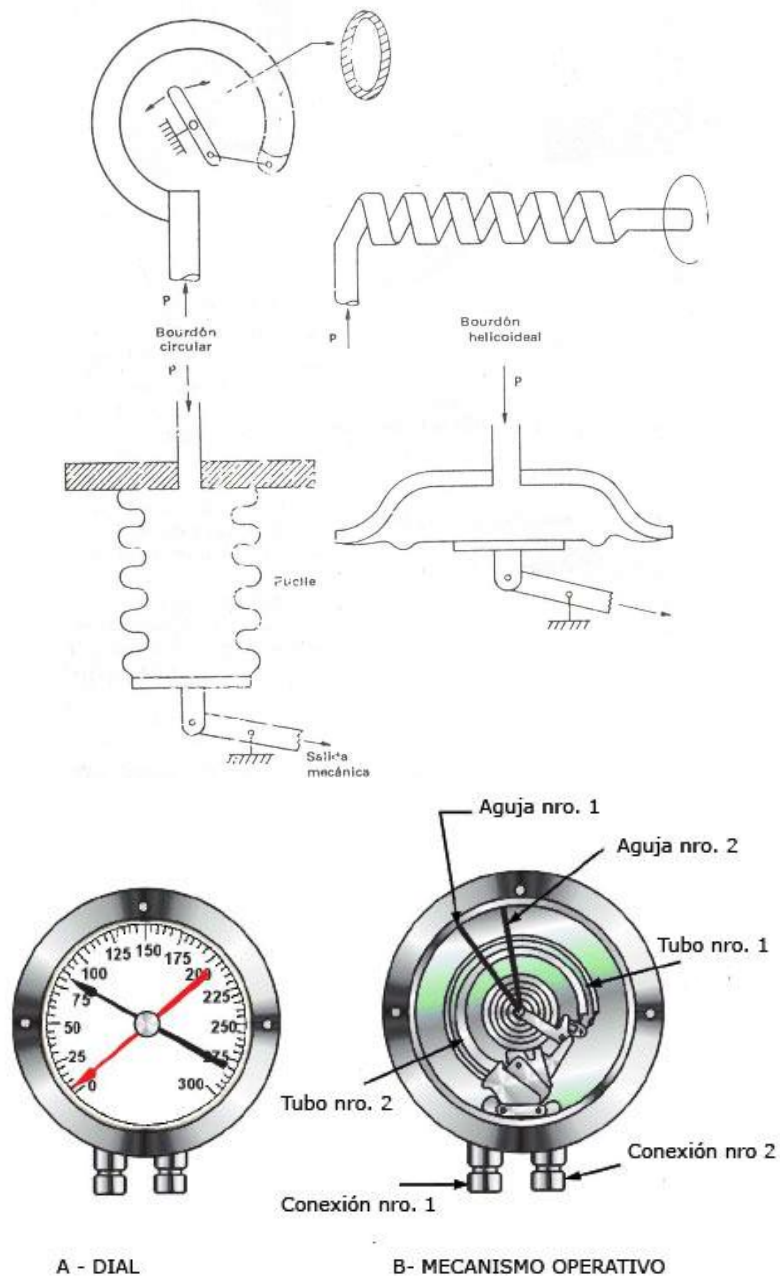
Los errores típicos de los manómetros van desde el 0.05 % de su rango de medida para los de máxima precisión hasta el 4%. Se recomienda para su calibración utilizar otro manómetro como patrón cuya incertidumbre sea al menos 1/4 de la exactitud del manómetro a calibrar.

La calibración consistirá en la comparación directa entre el Patrón a utilizar y el manómetro a calibra, a un nivel de referencia previamente definido y que se elegirá de tal manera, que las correcciones a realizar sean nulas o, mínimas.

La unidad de Presión en el SI es el pascal, unidad derivada cuyo símbolo es Pa. Otras unidades utilizadas son: el bar = 105 Pa y el mmHg = 133,322 Pa. También

aparece a lo largo del procedimiento el símbolo: % hr, que se refiere al porcentaje de humedad relativa.

Elementos elástico.



## **9.5. DESCRIPCIÓN**

### **9.5.1. EQUIPOS Y MATERIALES**

No son solamente los medios para generar y medir, sino también todos los equipos accesorios: tuberías, llaves, racores entre otros y son:

- Equipo patrón o de referencia: Es el instrumento de presión que se utilizara para la comparación que puede ser analógico o digital y con una incertidumbre deseable de medida del Patrón al menos cuatro veces mejor que la incertidumbre máxima que se espera del manómetro a calibrar. (La clase siempre es indicativa aunque no siempre refleja la realidad del manómetro a calibrar). Deberá tener vigente su certificado de calibración, trazable a una Entidad Acreditada o a un Laboratorio Nacional y cubrir todo el rango del manómetro a calibrar.
- Generador y Controlador de Presión: Es necesario disponer de un medio para generar las presiones a medir, lo mejor es disponer de un generador de presión con regulador grueso y fino capaz de estabilizar el sistema perfectamente y que sea capaz de regular con valores mejores que la resolución del manómetro a calibrar entre los cuales se posee peso muerto, bombas manuales neumáticos y con fluido como agua destilada, banco neumático e hidráulico (dependiendo del manómetro a calibrar).
- Separador de fluidos: En algunos casos los fluidos utilizados por el patrón y el instrumento a calibrar son incompatibles, por lo que se hace necesario disponer de un medio para separar ambos y que no introduzca mucha incertidumbre al resultado final de la medida. Básicamente es un sensor de presión diferencial, algunos con un detector de nulo para hacerlos más precisos.



- Medidores de Condiciones Ambientales: Para este tipo de instrumentos en general las correcciones a aplicar por variación en las condiciones ambientales suelen ser muy pequeñas y tener poca influencia en el valor final de la incertidumbre asignada, pero en condiciones extremas de uso pueden ser importantes, aparte de las correcciones que hubiera de realizar en los patrones por este motivo se considera significativo.

Se recomienda utilizar para la medida de condiciones ambientales instrumentos con exactitud de al menos 1 °C para la medida de la temperatura y  $\pm 5$  % H.R. para la medida de la humedad relativa.

- Racores, Llaves de Aislamiento y Tuberías: Se incluye las conexiones bushing tipo copa, los codos, los niples, las llaves de cierre rápido.

Es importante disponer de tuberías adecuadas al fluido (o mangueras) y la presión utilizadas, así como de los racores, llaves y purgas que cumplan con las normas vigentes de seguridad.

- Detectores de fugas: es el medio para comprobar la estanqueidad del circuito de medida en sistemas neumáticos será suficiente con una solución jabonosa que se verterá ligeramente en las uniones y racores sospechosos de fuga. En sistemas hidráulicos no son necesarios, pues con una simple inspección visual pueden encontrarse las fugas.

- Diferencia de altura: Es la altura que se encuentra entre el equipo a calibrar y el equipo de referencia o patrón, para la cual es necesaria una regla metálica o nivel de alturas, y conocer su incertidumbre, para medir la diferencia de alturas entre los niveles de referencia

### **9.5.2. OPERACIONES PREVIAS**

Antes de realizar la calibración se realizarán una serie de comprobaciones preliminares procediéndose a una inspección visual general.

a) Se comprobará que el manómetro esté identificado con su marca, modelo y número de serie correspondiente, o con código interno asignado por el propietario. En este tipo de manómetros es bastante corriente encontrarse instrumentos sin modelo, marca o número de serie, en este caso se le asignará un código de identificación que se grabará o fijará de forma adecuada sobre el manómetro.

b) Se comprobará el estado de la carátula y aguja indicadora, para manómetros analógicos y del dispositivo indicador para manómetros digitales. Además se comprobará la respuesta a las variaciones de presión para ambos.

c) Los manómetros que vayan a ser utilizados con oxígeno, acetileno o cualquier fluido tóxico o inflamable, deberá estar igualmente identificado siguiendo la normativa vigente. Cualquier duda sobre el fluido utilizado (líquido o gas), se consultará con el peticionario de la calibración. Cualquier anomalía detectada se hará saber al cliente antes de realizar las mediciones.

d) Las condiciones ambientales, en cuanto a temperatura y humedad estarán dentro de los márgenes especificados por los fabricantes de manómetro a calibrar y del manómetro utilizado como patrón.

e) Más importante que estar a una temperatura determinada es su estabilidad; deberán medirse las oscilaciones térmicas durante la calibración para realizar las correcciones si fuesen necesarias (en función de la incertidumbre esperada), y calcular la incertidumbre correspondiente a este factor de influencia.

f) Se comprobarán fugas en los sistemas hidráulicos o neumáticos, y se despercejará el manómetro subiendo y bajando presión dos o tres veces hasta fondo de escala. Una idea de la existencia de fugas nos las dará una indicación del manómetro inestable que van disminuyendo de forma continua. Esta comprobación cobra especial relevancia cuando el patrón utilizado es un controlador de presión y la calibración se realiza con el patrón controlando el valor de presión en el momento de registrar las indicaciones de los instrumentos. Ya que una fuga en el sistema de calibración ocasionaría que la presión a la que están sometidos patrón e instrumento a calibrar no fueran iguales.

g) Manómetro y Patrón se colocarán al mismo nivel de referencia, siempre que sea posible, para minimizar las variaciones de presión por diferencia de alturas. En caso contrario se harán correcciones.

h) El Patrón se programará a ser posible en las mismas unidades que el manómetro a calibrar.

i) Una vez que se ha comprobado el estado de todos los equipos y medios auxiliares y que estos han alcanzado la estabilidad térmica y eléctrica, se procederá a la calibración del manómetro.

j) Se seguirá uno de los siguientes medios de generación de presión.

- Usando fuente de presión aceite por medio de peso muerto.



- Usando fuente de presión aire por medio de bomba manual (por lo general se usa con agua destilada).



- Usando fuente de vacío aire por medio de bomba de vacío eléctrica o manual..



### **9.5.3. PROCESO DE CALIBRACION**

#### **9.5.3.1. LIMPIEZA**

- Se recibe el instrumento y se observa en qué condiciones se encuentra, si presenta puntero desfasado, deterioro en la caratula, deterioro en la rosca de conexión, grasa en su cuerpo, caratula doblada o inclinada, tornillería completa entre otras.

– Una vez terminado el análisis visual se procede a la limpieza general y adecuación para la calibración.

Si el instrumento requiere ajuste será consultado con el cliente para su corrección.

#### **9.5.4. POSIBLES SECUENCIAS**

– Se prueba en tres puntos del span, en rango bajo, rango medio y rango alto de la totalidad del manómetro. Estos valores se anotan, servirán para evidenciar el estado del instrumento, determinando si requeriría ajuste o no.

– En caso que fuese necesario un ajuste( si el error supera una división de escala o sobrepasa las especificaciones dadas por el fabricante), se consulta previamente al cliente

– La calibración se realizara después de la primera o segunda secuencia, siempre y cuando el cliente haya autorizado.

– La calibración en caso que el manómetro no inicie en cero, se iniciara de su menor división.

– El cliente tiene la posibilidad de elegir puntos de calibración si lo desea.

- El indicador de presión se calibrara en su totalidad, si es posible.
- Es necesario tener en cuenta la posición de la instalación.
- La calibración se lleva a cabo en puntos de medición uniformemente distribuidos dentro del rango de su escala.
- En función de la incertidumbre de medida encaminada, series de mediciones de uno o varios son necesarias.
- Si el comportamiento del elemento de calibración en relación con la influencia del par de torsión durante el montaje no es suficientemente conocido, el elemento de calibración tiene que ser sujetado de nuevo a para determinar la reproducibilidad. En este caso, el par se va a medir.

Nota: La comparación entre los valores de medición y el equipo de referencia estándar puede ser realizado por dos métodos diferentes:

- Ajuste de la presión de acuerdo con la indicación del elemento de calibración,
- Ajuste de la presión de acuerdo con la indicación de la norma.

## **9.6. PASOS DE CALIBRACION**

Antes de iniciar a tomar medidas, es necesario un tiempo de precargas que consiste en llevar el equipo a una presión máxima por al menos 30 segundos.

NOTA: esto para acondicionar el sistemas de medición del equipo (desperezar).

Después de la o las precarga según sea necesario, y acondicionamiento del equipo a calibrar, se puede decir que ya está apto para ser posicionado en cero la lectura.

Con el generador o bomba manual se irá generando presión hasta alcanzar un valor cercano al primer punto definido de presión, a continuación con el volumen variable se ajustará la presión hasta que la lectura del patrón o instrumento sea la deseada.

Nota: Se recomienda fijar la indicación de la aguja del manómetro a los trazos de la escala cuando el manómetro a calibrar sea analógico, y por el contrario, fijar la indicación del patrón cuando el manómetro a calibrar sea digital.

Para la variación de la presión de un punto a otro de medición de la serie, el tiempo entre estos puntos sucesivos de carga debe ser el mismo sin ser más corto que 30 segundos y la toma de ese valor en ese punto de medida debe ser 30 segundos después del inicio del cambio de presión.

Hay que tener cualquier efecto de fricción del sistema donde se visualiza como un roce entre el puntero y la caratula. El valor de medición para el límite superior del intervalo de calibración debe ser registrado antes y después del tiempo de espera. La lectura del cero al final de una serie de mediciones se realiza 30 segundos después de un alivio completo.

Nota: La medida será válida siempre que el sistema sea estable y no se observen saltos o variaciones en las indicaciones del Patrón e Instrumento.

Nota: Una vez finalizada la calibración y antes de quitar el montaje conviene analizar los datos obtenidos por si fuese necesario repetir algún punto de valor dudoso.

La selección de la secuencia de calibración de calibración se muestra en la tabla 1 y la figura 2 muestra la secuencia de la calibración.

TABLA 1: SECUENCIA DE LA CALIBRACIÓN.

Calibration sequence	Measurement uncertainty aimed at, in % of the measurement span (*)	Number of measurement points  with zero up/down	Number of pre-loadings	Load change + waiting time  (**) seconds	Waiting time at upper limit of measurement range  (***) minutes	Number of measurement series	
						up	down
<b>A</b>	< 0,1	9	3	> 30	2	2	2
<b>B</b>	0,1 ... 0,6	9	2	> 30	2	2	1
<b>C</b>	> 0,6	5	1	> 30	2	1	1

(\*) Referencia del span, se usa para seleccionar la en la tabla, como las especificaciones de precisión de los fabricantes suelen ser relacionados con la medición span.

(\*\*) Tiempo necesario que se espera para que se estabilice la lectura.

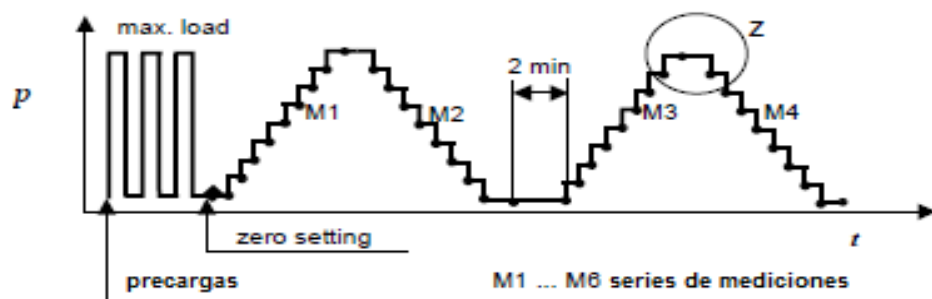
(\*\*\*) Para manómetros de tubo Bourdon, el tiempo de espera será de cinco minutos. En sensor piezoeléctrico principio, el tiempo de espera puede ser reducido.

Nota:

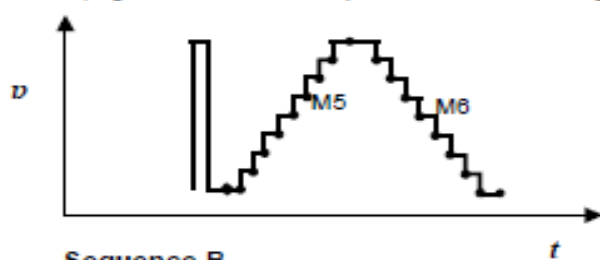
Para la calibración de equipos con un rango de medición superior a 2500 bar, la secuencia de calibración es A. si se observan efectos de sujeción, la calibración debe ser repetida.



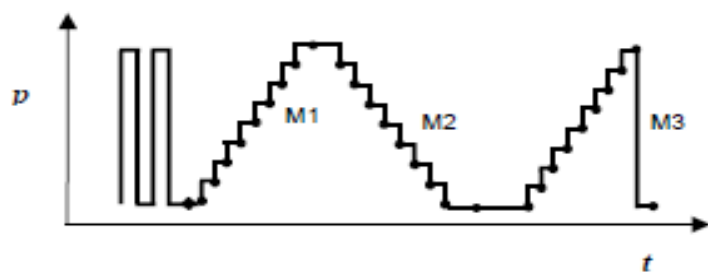
FIGURA 2: Visualización de secuencias de calibración.



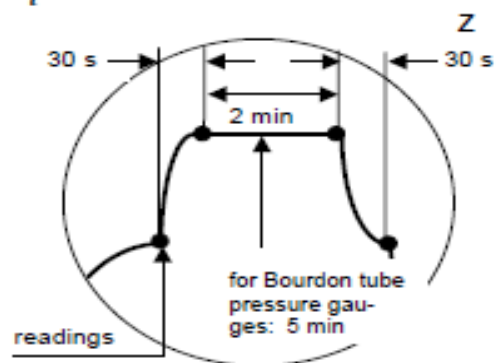
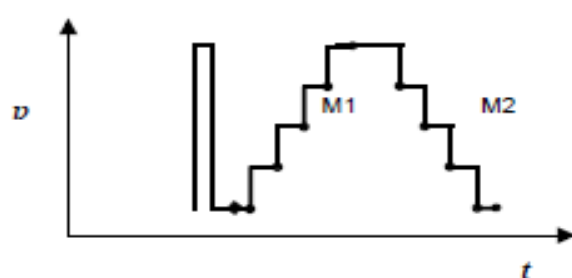
Additional reproducibility measurement with 2<sup>nd</sup> clamping  
(e.g. if the effect of torque is estimated during the calibration)



Sequence B



Sequence C



## **9.7. TOMA Y TRATAMIENTO DE DATOS**

Todas las anotaciones y observaciones que se realicen durante la calibración deberán quedar reflejadas en la correspondiente hoja de calibración o de toma de datos.

Las anotaciones y datos deberán realizarse con lapicero. No se realizarán tachaduras, si se quiere eliminar una anotación debido a una confusión en la toma de datos, se cruzará con dos rayas y al lado se anotará el valor corregido.

Los datos mínimos que deben figurar en la correspondiente hoja serán los siguientes:

- a) Identificación inequívoca de la calibración.
- b) Identificación del patrón y del instrumento.
- c) Lecturas del patrón e instrumento indicando el sentido en que se ha generado la presión.
- d) División de escala y resolución del manómetro.
- e) Anomalías detectadas antes o durante la calibración como pueden ser atascos de la aguja indicadora, saltos bruscos, etc. (en observaciones).
- f) Fluido utilizado durante la calibración.
- g) Condiciones ambientales durante la calibración.
- h) Nivel de referencia, cuando sea significativo sobre los resultados finales.
- i) Posición del instrumento durante la calibración, cuando sea significativo sobre los resultados finales.
- j) Fechas de realización.
- k) Identificación del personal que realizó la calibración.
- l) Correcciones realizadas, como puede ser la de calibración del Patrón o la corrección por diferencia de alturas entre niveles de referencia.

- i) Cualquier duda sobre la bondad de la medida por parte del operador.
- ii) Todas aquellas medidas que se hagan fuera de las condiciones ambientales establecidas por el Laboratorio.
- iii) Aquellas en que no se consiga una buena estabilidad.

<b>METROLOGIA INSTRUMENTACION Y CONTROL</b>							fecha: 01/03/2013																																																																																																																																																		
<b>FORMATO DE CALIBRACION PARA EQUIPOS MEDIDORES DE PRESION</b>							versión: 2																																																																																																																																																		
							aprobó: gerencia																																																																																																																																																		
<b>CLIENTE</b>						<b>FECHA</b> / /																																																																																																																																																			
<b>EQUIPO</b>			<b>IDENTIFICACION</b>		<b>RANGO</b>		<b>RESOLUCION</b>																																																																																																																																																		
<b>CONEXIÓN</b>	<b>DIAL</b>	<b>CLASE</b>	<b>FABRICANTE</b>			<b>MODELO</b>																																																																																																																																																			
<b>NUMERO DE SERIE</b>			<b>SECCION</b>			<b>UBICACION</b>																																																																																																																																																			
<b>PATRON UTILIZADO</b>																																																																																																																																																									
<b>MODULO 10000 PSI</b>	<b>MODULO 350 bar</b>	<b>MODULO 200 PSI</b>	<b>VACUOMETR 0 -30 inHg</b>			<b>FLUIDO</b>	<b>SECUENCIA CALIBRACION</b>	<b>CONDICIONES AMBIENTALES</b>																																																																																																																																																	
								°C      %RH																																																																																																																																																	
<b>OTROS PATRONES</b>																																																																																																																																																									
<b>CALIBRO</b>				<b>SITIO CALIBRACION</b>																																																																																																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="5">PRESION ESTÁNDAR</th> <th colspan="6">VALOR INDICADO ( PATRON )</th> <th rowspan="5">           CLASE DE EXACTITUD MANOMETROS   <b>FÓRMULA</b>   <b>( RESOLUCION / RANGO ) 100%</b>             EQUIVALENCIAS ENTRE NORMAS         </th> </tr> <tr> <th colspan="3">SECUENCIA A CLASE &lt; 0,1</th> <th colspan="3">CICLO ADICIONAL</th> </tr> <tr> <th colspan="3">SECUENCIA B CLASE 0,1 - 0,6</th> <th rowspan="3">M4 ↓</th> <th rowspan="3">M5 ↑</th> <th rowspan="3">M6 ↓</th> </tr> <tr> <th colspan="2">SECUENCIA C CLASE &gt; 0,6</th> <th rowspan="2">M3 ↑</th> </tr> <tr> <th>M1 ↑</th> <th>M2 ↓</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,06      4A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,1          4A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,16(0,15)    4A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,2          4A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,25         3A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,4          3A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,5          2A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0,6          1A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1            A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1,6          A</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2            B</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>2,5          B</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>3            C</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4            C</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>5            D</td></tr> </tbody> </table>									PRESION ESTÁNDAR	VALOR INDICADO ( PATRON )						CLASE DE EXACTITUD MANOMETROS  <b>FÓRMULA</b>  <b>( RESOLUCION / RANGO ) 100%</b>  EQUIVALENCIAS ENTRE NORMAS	SECUENCIA A CLASE < 0,1			CICLO ADICIONAL			SECUENCIA B CLASE 0,1 - 0,6			M4 ↓	M5 ↑	M6 ↓	SECUENCIA C CLASE > 0,6		M3 ↑	M1 ↑	M2 ↓								0,06      4A								0,1          4A								0,16(0,15)    4A								0,2          4A								0,25         3A								0,4          3A								0,5          2A								0,6          1A								1            A								1,6          A								2            B								2,5          B								3            C								4            C								5            D
PRESION ESTÁNDAR	VALOR INDICADO ( PATRON )						CLASE DE EXACTITUD MANOMETROS  <b>FÓRMULA</b>  <b>( RESOLUCION / RANGO ) 100%</b>  EQUIVALENCIAS ENTRE NORMAS																																																																																																																																																		
	SECUENCIA A CLASE < 0,1			CICLO ADICIONAL																																																																																																																																																					
	SECUENCIA B CLASE 0,1 - 0,6			M4 ↓	M5 ↑	M6 ↓																																																																																																																																																			
	SECUENCIA C CLASE > 0,6		M3 ↑																																																																																																																																																						
	M1 ↑	M2 ↓																																																																																																																																																							
							0,06      4A																																																																																																																																																		
							0,1          4A																																																																																																																																																		
							0,16(0,15)    4A																																																																																																																																																		
							0,2          4A																																																																																																																																																		
							0,25         3A																																																																																																																																																		
							0,4          3A																																																																																																																																																		
							0,5          2A																																																																																																																																																		
							0,6          1A																																																																																																																																																		
							1            A																																																																																																																																																		
							1,6          A																																																																																																																																																		
							2            B																																																																																																																																																		
							2,5          B																																																																																																																																																		
							3            C																																																																																																																																																		
							4            C																																																																																																																																																		
							5            D																																																																																																																																																		
<b>OBSERVACIONES</b>																																																																																																																																																									

## 9.8. RESULTADOS

### 9.8.1. Cálculo de incertidumbres

La asignación y expresión de incertidumbres se realizará siguiendo los criterios de la guía CEA-ENAC-LC/02 [4]. En primer lugar se determinará la expresión de la magnitud de salida en función de las distintas magnitudes de entrada, modelando una ecuación para las correcciones de calibración. Realizaremos el cálculo en un punto genérico i, para el resto de los puntos se realiza de la misma forma.

La ecuación modelo para la corrección de calibración será la siguiente:

$$C_i = P_{Ri} - P_{xi} + \sum_j \delta_j(Pat) + \sum_k \delta_k(Ins) + \Delta_{NR} \quad (1)$$

Dónde:

- a)  $C_i$  es la corrección final de calibración
- b)  $P_{Ri}$  es el valor de la lectura del Patrón en el punto i.
- c)  $P_{xi}$  es el valor de la lectura del instrumento en el punto i.

- d)  $\sum_j \delta_j(Pat)$  es la suma de las correcciones debidas al Patrón, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre.

- e)  $\sum_k \delta_k(Inst)$  es la suma de las correcciones debidas al instrumento, nulas o no, que van a tener contribución en la incertidumbre.
- f)  $\Delta_{NR}$  es la corrección por diferencia de alturas entre los niveles de referencia.

- El término d) comprende las siguientes correcciones:

d-1)  $\delta(Pat)_{cal}$ , corrección de calibración.

d-2)  $\delta(Pat)_{der}$ , corrección debida a deriva.

d-3)  $\delta(Pat)_{tem}$ , corrección debida a temperatura.

- El término e) comprende las siguientes correcciones:

e-1)  $\delta(Inst)_{res}$ , corrección debida a resolución.

e-2)  $\delta(Inst)_{tem}$ , corrección debida a temperatura.

e-3)  $\delta(Inst)_{hist}$ , corrección debida a histéresis.

- El término f) viene dado por la siguiente expresión:

$$\Delta_{NR} = (\rho_f - \rho_a) \times g_l \times h \quad (2)$$

Donde  $\rho_f$  es la densidad del fluido manométrico y  $\rho_a$  es la densidad del aire.

#### Componentes de la incertidumbre.

a.1.)  $\delta(Pat)_{cal}$ : Debida al Patrón (certificado de calibración). Tipo B

La incertidumbre de calibración del Patrón vendrá reflejada en su certificado de calibración. En los certificados se indican las incertidumbres expandidas, por lo que será necesario dividir el valor indicado por el  $k_{cert}$  correspondiente. Normalmente no coincidirá el punto de calibración con el valor del certificado, en este caso, se incluirá como componente de incertidumbre la mayor incertidumbre

de calibración del Patrón  $u(\delta(Pat)_{cal}) = U_{cert} / k_{cert}$ .

a.2.)  $\delta(\text{Pat})_{\text{der}}$ : Debida a deriva del Patrón:

Es una incertidumbre tipo B, consideraremos una distribución rectangular, su valor

vendrá dado por  $u(\delta(\text{Pat})_{\text{der}}) = \text{der} / 2\sqrt{3}$ .

a.3.)  $\delta(\text{Pat})_{\text{tem}}$ : Debida a temperatura (Patrón).

La indicación de Patrón puede cambiar debido a variaciones de temperatura, estos cambios no pueden corregirse y tienen que introducirse como un factor más de incertidumbre. Suele ser el fabricante quien da las especificaciones, que suelen venir en porcentaje del rango del instrumento/grado.

Es una incertidumbre tipo B, se tratará como una distribución rectangular y viene dada por  $u(\delta(\text{Pat})_{\text{tem}}) = \text{tem}(\text{Pat}) / 2\sqrt{3}$ ; el valor  $\text{tem}(\text{Pat})$ , se obtendrá de las especificaciones del fabricante.

a.4.)  $\delta(\text{Inst})_{\text{res}}$ : Debida a resolución del manómetro a calibrar.

Incertidumbre tipo B. Puede describirse también por una distribución rectangular y

de valor  $u(\delta(\text{Inst})_{\text{res}}) = \text{res} / 2\sqrt{3}$ , siendo  $\text{res}$  la resolución del manómetro.

a.5.)  $\delta(\text{Ins})_{\text{tem}}$ : Debida a temperatura (Instrumento).

Análogamente a lo descrito en el apartado a.4.), tendremos una componente de incertidumbre debida a variaciones térmicas durante la calibración, que afectarán a las lecturas del manómetro a calibrar. Su valor vendrá dado por

$u(\delta(\text{Ins})_{\text{tem}}) = \text{tem}(\text{Ins}) / 2\sqrt{3}$ .

a.6.)  $\delta(\text{Ins})_{\text{hist}}$ : Debida a histéresis.

Este factor de incertidumbre se debe a que las indicaciones del manómetro pueden variar una cierta cantidad dependiendo que se obtengan mediante presiones crecientes o decrecientes. Si llamamos  $\text{his}$  al intervalo de posibles

lecturas debido a este motivo, su varianza sería  $u(\delta(Ins)_{hist})^2 = (his)^2 / 12$ , y su incertidumbre típica  $u(\delta(Ins)_{hist}) = his / 2\sqrt{3}$ .

a.7.) Debida a la repetibilidad de las medidas (PRi-Pxi).

La Incertidumbre debido a la falta de repetibilidad del manómetro viene dada por la siguiente expresión:

$$u(rep) = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left( C_i - \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \right)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Dónde:

$u(rep)$  es la incertidumbre aleatoria de tipo A asociada al manómetro.

$n$  es el número de medidas (4 ó 6 según la precisión del manómetro).

$C_i$  es cada una de las correcciones calculadas en un punto en los diferentes ciclos.

a.8.) Debida a diferencia de alturas entre niveles de referencia.

Según la ecuación (2), es función de la densidad del fluido, de la densidad del aire, de la gravedad del laboratorio y de la altura entre los niveles de referencia: la incertidumbre típica se obtiene de aplicar la ley de propagación de incertidumbres a (2):

$$u(\Delta_{NR}) = \sqrt{\left( \frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_f} u(\rho_f) \right)^2 + \left( \frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_a} u(\rho_a) \right)^2 + \left( \frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial g_l} u(g_l) \right)^2 + \left( \frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial h} u(h) \right)^2} \quad (4)$$

Dónde:

$u(\rho_f)$  Es la incertidumbre típica de la densidad del fluido. Su valor y su incertidumbre, para un factor de cobertura  $k = 2$ , se obtienen del certificado de

calibración del fluido, o en su defecto de las especificaciones del fabricante o de la ecuación de los gases perfectos en el caso de que el fluido sea un gas.

u(pa) El valor de la densidad del aire y su incertidumbre expandida, se obtienen a partir de la Temperatura ambiente, de la presión atmosférica y de la humedad relativa. Una posible fórmula para evaluarla es:

$$\rho_a = \frac{0,34848 P_{amb} - 0,009024 h.r. \cdot 0,061 t_{amb}}{273,15 + t_{amb}} \quad (5)$$

Las diferencias de los valores obtenidos con ésta fórmula respecto de los obtenidos con la formula de 1991 del BIPM

son menores de 0,01 kg/m<sup>3</sup>. Si se mide la temperatura ambiente con incertidumbre menor de 0,5 °C; la presión ambiente con incertidumbre menor de 2 hPa y la humedad relativa con incertidumbre menor del 10 %, la incertidumbre de la densidad del aire aplicando la formula anterior es menor de 0,012 kg/m<sup>3</sup>. Si consideramos este valor como el intervalo de variación  $\delta\rho_a$ , la varianza es  $u^2 = (\delta\rho_a)^2/12$ , y la incertidumbre típica debida a la densidad del aire es:

$$u(\rho_a) = \frac{\delta\rho_a}{2\sqrt{3}} \quad (6)$$

puede utilizarse como valor de la aceleración de la gravedad 9,80 m/s<sup>2</sup> con una incertidumbre para k = 2 de 0,05 m/s<sup>2</sup>.

u(h) Normalmente, la diferencia de altura se mide a través de una regla. Su incertidumbre típica se obtienen a partir de la del certificado de calibración de la regla, de la deriva de la regla y del método de medida de la diferencia de alturas, normalmente esta ultima es la contribución dominante.



En la tabla 1 resume el cálculo de la incertidumbre típica por diferencia de alturas:

Magnitud $X_i$	estimación $x_i$	incertidumbre típica $u(x_i)$	distribución de probabilidad	coeficiente de sensibilidad $c_i$	incertidumbre $u_i(y)$
Densidad del fluido	$\rho_f$	$u(\rho_f)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_f} = g_i \times h$	$g_i \times h \times u(\rho_f)$
Densidad del aire	$\rho_a$	$u(\rho_a)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_a} = -g_i \times h$	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial \rho_a} = -g_i \times h$
Gravedad local	$g_i$	$u(g_i)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial g_i} = (\rho_f - \rho_a) \times h$	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial g_i} = (\rho_f - \rho_a) \times h$
Diferencia de altura	$h$	$u(h)$	rectangular	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial h} = (\rho_f - \rho_a) \times g_i$	$\frac{\partial \Delta_{NR}}{\partial h} = (\rho_f - \rho_a) \times g_i$
Corrección por nivel de referencia	$\Delta_{NR}$	Incertidumbre combinada		$u(\Delta_{NR}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$	

**Tabla 1**

Finalmente, aplicando la ley de propagación de incertidumbres a (1) se obtienen la incertidumbre típica combinada en la calibración de manómetros

Magnitud $X_i$	estimación $x_i$	Incertidumbre típica $u(x_i)$	distribución de probabilidad	coeficiente de sensibilidad $c_i$	Incertidumbre $u_i(y)$
Repetibilidad	$P_{hi} - P_{li}$	$u(rep)$ (a.7)	normal	1	$u(rep)$ (a.7)
Calibración del patrón	$\delta(Pat)_{cal}$	$U / k$	normal	1	$U / k$
Deriva del Patrón	$\delta(Pat)_{der}$	$der / 2\sqrt{3}$	rectangular	1	$der / 2\sqrt{3}$
Temperatura del Patrón	$\delta(Pat)_{tem}$	$tem(Pat) / 2\sqrt{3}$	rectangular	1	$tem(Pat) / 2\sqrt{3}$
Resolución del manómetro	$\delta(Ins)_{res}$	$res / 2\sqrt{3}$	rectangular	1	$res / 2\sqrt{3}$
Temperatura del manómetro	$\delta(Ins)_{tem}$	$tem(Ins) / 2\sqrt{3}$	rectangular	1	$tem(Ins) / 2\sqrt{3}$
Histéresis del manómetro	$\delta(Ins)_{his}$	$his / 2\sqrt{3}$	rectangular	1	$his / 2\sqrt{3}$
Corrección por nivel de referencia	$\Delta_{ref}$	$u(\Delta_{ref})$	normal	1	$(\rho_f - \rho_s) \times g_r$ $\times u(h)$
Corrección de calibración	$C_i$	Incertidumbre combinada		$u(C_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)}$	
Número de grados efectivos de libertad $\nu_{eff} =$				$\nu_{eff} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4}{\nu_i}}$	
Factor de cobertura $k =$				$k = f(\nu_{eff})$	
Incertidumbre expandida ( $k=$ )				$U = k \cdot u(P)$	
Corrección no realizada máxima				$C_{max}$	
Incertidumbre global de uso				$U' =  C_{max}  + U$	

Tabla 2

La incertidumbre típica combinada asociada a la calibración del manómetro se obtiene combinando sus distintas contribuciones

$$u(C_i) = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(y)} \quad (7)$$

Una vez obtenida la incertidumbre combinada se calculan los grados de libertad efectivos,  $v_{\text{eff}}$ , a partir de la incertidumbre combinada y sus contribuciones mediante la aplicación de la fórmula de Welch-Satterthwaite:

$$v_{\text{eff}} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4}{v_i}} \quad (8)$$

A partir de los grados de libertad efectivos y de la Tabla 3 se obtiene el factor k. La tabla está basada en una distribución t evaluada para una distribución de probabilidad del 95,45 %.

$v_{\text{eff}}$	1	2	3	4	5	6
k	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52
$v_{\text{eff}}$	7	8	10	20	50	$\infty$
k	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00

**Tabla 3: Factores de cobertura k para diferentes grados de libertad  $v_{\text{eff}}$ .**

La incertidumbre expandida, para un intervalo de confianza del 95,45%, se obtiene multiplicando a la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura

$$U = ku(y) \quad (9)$$

NOTA:

En el caso de no realizar la corrección debida al certificado de calibración, Se puede dar un límite superior de la incertidumbre de calibración, que se hallaría sumando aritméticamente el valor absoluto de la corrección no corregida debido al certificado, con la incertidumbre indicada anteriormente.

## 6.2 - Interpretación de resultados

Los valores se darán tabulados indicando:

- Presión de referencia.
- Valor medio de la indicación del instrumento.
- Correcciones o errores de calibración en cada punto.
- La incertidumbre para un factor de cobertura  $k=2$ . También se puede dar una incertidumbre máxima para todo el intervalo de calibración en lugar de dar una para cada punto.

En el certificado de calibración, se deberá dar la incertidumbre expandida y especificarse el valor de cobertura  $k$  utilizado.

Excepto cuando la unidad utilizada sea el pascal, se expresara la relación que existe entre la unidad de presión utilizada y el Pascal que es la unidad de presión en el Sistema Internacional.

NOTA: Si por el tipo de uso del manómetro no resulta aconsejable realizar las correcciones de calibración, se puede utilizar una incertidumbre maximizada, que englobaría la máxima corrección encontrada en la calibración, en valor absoluto.

$$U = U_{i\text{ máx}} + |C_{\text{máx}}| \quad (10)$$

### 9.9. OTRA OPCIÓN DE SELECCIÓN DEL PATRÓN

- La determinación del patrón a utilizar se hace inicialmente de forma tentativa.
- El primer criterio para escoger el patrón es el rango del manómetro a calibrar (máximo valor de su escala), el segundo criterio es si la tiene especificada o se estima de acuerdo con su presentación.
- Se verifica si el patrón escogido es el adecuado. Realizando un índice de calidad Q que relaciona la tolerancia del manómetro o vacuómetros a probar con la exactitud del patrón de carátula, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{T}{I}$$

Dónde:

T = Es la tolerancia del instrumento de prueba (Ver numeral 5.4).

I = Es la incertidumbre patrón.

Q = Es el índice de calidad.

- Determinar la tolerancia de manómetros o vacuómetros de prueba.
- Si el patrón está bien seleccionado Q debe ser mayor o igual que 4.

### 9.10. CLASE

- Para determinar la clase de exactitud del instrumento, de acuerdo al error máximo encontrado, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$E(\%) = CL = \frac{E_{max}}{Rango} * 100$$

Emáx = Mayor error de los errores hallados por linealidad o por histéresis

Rango = Mayor-Menor valor de la escala del instrumento de prueba.

- De acuerdo al cálculo obtenido de la expresión anterior los manómetros son clasificados en una de las clases siguientes:

CL 0,1; CL 0,2; CL 0,3; CL 0,6; CL 1; CL 1,6; CL 2,5; CL 4

- Para la asignación de la CL del instrumento se debe tener en cuenta lo siguiente:

El valor numérico obtenido debe aproximarse a la clase superior más cercana, es decir, si  $E(\%) = CL = 0,84$  el instrumento se ubica en la clase 1.

Si no se conoce la clase de exactitud del instrumento:

La asignación de la CL debe hacerse después de haber realizado el respectivo procedimiento de ajuste.

Los instrumentos de planta deben clasificarse de la CL 1 en adelante.

Los manómetros cuyo dial está entre 1" y 2,5" pertenecen a clase de exactitud entre 1,6 y 4.

### **9.11. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO**

Un equipo se considera como apto si su incertidumbre no es superior a cuatro veces (4 veces) su división de escala o sobrepasa la tolerancia dada por el fabricante.

### **9.12. PERIODO DE CALIBRACIÓN**

En general se establece un intervalo máximo entre dos calibraciones sucesivas de los micrómetros de exteriores de un año. Siendo recomendable reducir este periodo cuando el micrómetro tenga una elevada frecuencia de utilización y/o trabaje en condiciones desfavorables (personal no cualificado, ambientes sucios, etc.). En cualquier caso el periodo de calibración se especificará en la ficha de cada uno de los instrumentos.

### **9.13. RESPONSABILIDADES**

El departamento de Calidad es el responsable de todo cuanto se indica en el presente capítulo, en particular establecer el programa de calibración y garantizar su cumplimiento.

Asimismo serán de su responsabilidad las siguientes funciones:

- Emisión de los certificados de calibración de los equipos, o vigilar los elaborados por organismos externos.
- Conservación de los equipos en condiciones de protección y almacenamiento correctos.
- Archivo y control de toda la documentación generada como consecuencia de la realización de las calibraciones. Esta documentación está a disposición del cliente que así lo solicite.

- Asegurar que las personas que manejan los equipos disponen de la formación adecuada para utilizarlos y encargarse de suministrar la misma.
- Dar de alta y de baja los equipos en el momento en que se produzcan estas incidencias.



## **CONCLUSIONES**

La implementación y tenencia de procedimiento de calibración genera:

- Claridad de las tareas a desarrollar.
- orden y efectividad en las tareas
- Facilidad al delegar con claridad tareas.
- Mejora la calidad del servicio.
- Claridad e identificación de los elementos, herramientas y equipos disponibles.
- confianza en el servicio que se vende.
- Facilita la inducción de personal nuevo.
- Permite alcanzar las metas propuestas por el laboratorio
- Este tipo de documento facilita el uso correcto y manejo por parte del personal, de los equipos, el tiempo, disminuyendo cualquier peligro o daño a la integridad del personal que ejecuta la tarea.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Vocabulario Internacional de metrología- conceptos fundamentales y generales, y términos asociados (VIM)- (JCGM 200:2008).

Guía DKD-R 6-1 calibración de medidores de presión. Edit. 01/2003.

Norma técnica colombiana NTC 263, METROLOGÍA. MANÓMETROS INDICADORES DE PRESIÓN, MANÓMETROS DE VACÍO Y MANÓMETROS DE PRESIÓN-VACÍO PARA USOS GENERALES. 1987-06-17.

CEA-ENAC-LC/02, Rev. 1, Enero 98 Expresión de la incertidumbre de medida en las calibraciones.

Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement 1st edition 1993, ISO, Geneva, ISBN 92-67-10188-9.

Guía sobre la incertidumbre en la medición industrial. ICONTEC. 2006



**NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y  
TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE  
INFORMACION**

**VERSION: 01**

**FECHA: Febrero 2011**

**CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI**

**ANEXO 1  
CARTA DE ENTREGA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA  
CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO**

Barranquilla, Fecha

Marque con una X

Tesis ☐ Trabajo de Grado ☒

Yo Eliana Cristina Mejia Castillo, identificado con C.C. No.1 129 535 719, actuando en nombre propio y como autor de la tesis y/o trabajo de grado titulado ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS, VACUOMETROS Y MANOVACUOMETROS BAJO LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2263:1987 Y LA GUÍA ALEMANA DE CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE PRESIÓN DKD-R 6-1:2003, EN LA EMPRESA METROLOGÍA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C.S.A.S., presentado y aprobado en el año 2013 como requisito para optar al título de INGENIERÍA INDUSTRIAL; hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (DVD) y autorizo a la CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE LA COSTA, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento.

Y autorizo a la Unidad de información, para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Corporación Universitaria de la Costa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en la página Web de la Facultad, de la Unidad de información, en el repositorio institucional y en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la institución y Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato DVD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR - ESTUDIANTES, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad ante la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL ESTUDIANTE - AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Barranquilla D.E.I.P., a los 15 días del mes de Marzo de Dos Mil 2013

EL AUTOR-ESTUDIANTE.   
**FIRMA**



**NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y  
TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE  
INFORMACION**

**VERSION: 01**

**FECHA: Febrero 2011**

**CODIGO:DOC-VACRE-NETGUDI**

**ANEXO 2  
FORMULARIO DE LA DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE  
GRADO**

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO:

ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN DE MANÓMETROS,  
VACUOMETROS Y MANOVACUOMETROS BAJO LA NORMA TÉCNICA  
COLOMBIANA NTC 2263:1987 Y LA GUÍA ALEMANA DE CALIBRACIÓN DE  
MEDIDORES DE PRESIÓN DKD-R 6-1:2003, EN LA EMPRESA METROLOGÍA  
INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL M.I.C S.A.S

SUBTÍTULO, SI LO TIENE:

\_NO LO TIENE\_

**AUTOR AUTORES**

Apellidos Completos	Nombres Completos
MEJIA CASTILLO	ELIANA CRISTINA

**DIRECTOR (ES)**

Apellidos Completos	Nombres Completos
PÉREZ OLIVERA	HAROLD

**JURADO (S)**

Apellidos Completos	Nombres Completos
MIRANADA SAMPER	ORLANDO
SARMIENTO CORONADO	ERITH JESUS

**ASESOR (ES) O CODIRECTOR**

Apellidos Completos	Nombres Completos
PÉREZ OLIVERA	HAROLD

TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE: \_INGENIERA INDUSTRIAL\_

**FACULTAD:** \_DE\_ INGENIERÍAS

**PROGRAMA:** Pregrado \_X\_ Especialización \_\_\_\_

**NOMBRE\_DEL\_PROGRAMA\_**INGENIERÍA\_INDUSTRIAL



	<b>NORMAS PARA LA ENTREGA DE TESIS Y TRABAJOS DE GRADO A LA UNIDAD DE INFORMACION</b>	VERSION: 01
		FECHA: Febrero 2011
		CODIGO: DOC-VACRE-NETGUDI

CIUDAD: Barranquilla AÑO DE PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO: 2013

NÚMERO DE PÁGINAS 58

**TIPO DE ILUSTRACIONES:**

- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Ilustraciones                | <input type="checkbox"/> Planos      |
| <input type="checkbox"/> Láminas                                 | <input type="checkbox"/> Mapas       |
| <input type="checkbox"/> Retratos                                | <input type="checkbox"/> Fotografías |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tablas, gráficos y diagramas |                                      |

**MATERIAL ANEXO** (Vídeo, audio, multimedia o producción electrónica):

Duración del audiovisual: \_\_\_\_\_ minutos.

Número de casetes de vídeo: \_\_\_\_\_ Formato: VHS \_\_\_\_\_ Beta Max \_\_\_\_\_ ¾ \_\_\_\_\_ Beta Cam \_\_\_\_\_

Mini DV \_\_\_\_\_ DV Cam \_\_\_\_\_ DVC Pro \_\_\_\_\_ Vídeo 8 \_\_\_\_\_ Hi 8 \_\_\_\_\_

Otro. Cuál? \_\_\_\_\_

Sistema: Americano NTSC \_\_\_\_\_ Europeo PAL \_\_\_\_\_ SECAM \_\_\_\_\_

Número de casetes de audio: \_\_\_\_\_

Número de archivos dentro del DVD (En caso de incluirse un DVD diferente al trabajo de grado): \_\_\_\_\_

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial): \_\_\_\_\_

**DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:** Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. (En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Unidad de Procesos Técnicos de la Unidad de información en el correo biblioteca@cuc.edu.co, donde se les orientará).

**ESPAÑOL**

**INGLÉS**

CALIBRACION-GUIA-MEDIDOR DE

CALIBRATION-GUIDE-PRESSURE

PRESION-NORMA TECNICA

GAUGE-COLOMBIAN TECHNICAL

COLOMBIANA-PROCEDIMIENTO

STANDARD-PROCEDURE.

**RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS:**(Máximo 250 palabras-1530 caracteres):

Elaboración de procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacuumetros\_según\_NTC\_2263-1987\_y\_guía\_alemana\_DKD-R\_6-1:2003.

Preparation of calibration procedure gauges, vacuum gauges and manovacuumetros\_según\_NTC\_2263-1987\_y\_guía\_alemana\_DKD-R\_6-1: 2003.